



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 20 912 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C02 F 1/44**  
B 01 D 61/12  
G 05 D 21/00  
// A61M 1/14

②1 Aktenzeichen: 195 20 912.5  
②2 Anmeldetag: 8. 6. 95  
④3 Offenlegungstag: 19. 12. 96

DE 195 20 912 A 1

⑦1 Anmelder:  
Schäl, Wilfried, Dr.-Ing., 61350 Bad Homburg, DE

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung einer Umkehrosmoseanlage

⑤7 Bei der Umkehrosmoseanlage zur Wasseraufbereitung wird die Erzeugung von Permeat dem schwankenden Bedarf der angeschlossenen Verbraucher dadurch angepaßt, daß der Strömungswiderstand eines in der Konzentratleitung des Filtermoduls angeordneten Ventils verstellt wird. Die Verstellung erfolgt aufgrund einer Messung des Druckes in der Permeatleitung selbsttätig so, daß dieser Druck im wesentlichen konstant bleibt. Der bei einer Verminderung des Strömungswiderstandes des Ventils zusätzlich aus dem Filtermodul austretende Konzentratanteil wird in den Rohwasserzufluß zurückgeleitet. Eine Weiterentwicklung sieht vor, daß bei einer Erhöhung des Konzentratausflusses aus dem Filtermodul der in den Abfluß geleitete Konzentratfluß durch eine zusätzliche Steuerungseinrichtung reduziert wird.

DE 195 20 912 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Umkehrosmoseanlage nach dem Obergriff des Hauptanspruches. Solche Anlagen werden unter anderem in Verbindung mit Hämodialysegeräten benötigt, um zur Herstellung der Dialysierflüssigkeit ausreichend reines, möglichst keimfreies Wasser zur Verfügung zu stellen.

Das Funktionsprinzip von Umkehrosmoseanlagen besteht bekanntlich darin, daß das aufzubereitende Wasser in einem Filtermodul unter hohem Druck an der Oberfläche einer semipermeablen Membran entlanggeführt wird, wobei ein Teil des Wassers, das sogenannte Permeat, durch die Membran tritt und auf der anderen Seite der Membran gesammelt und den Verbrauchsstellen zugeführt wird. Der nicht durch die Membran tretende, mit zurückgehaltenen Stoffen angereicherte Teil des Rohwassers, das sogenannte Konzentrat, fließt am Ende der Strömungsstrecke des Primärtraumes aus dem Membranmodul aus.

Beim Betrieb von Umkehrosmoseanlagen, z. B. bei der Versorgung einer Dialysestation, kann der Bedarf an aufbereitetem Wasser starken Schwankungen unterliegen, so daß die Anlage oft nur zu einem Teil ihrer Kapazität ausgelastet wird. Aus DE 43 31 102 ist ein Regelungsverfahren bekannt, bei dem die Motorleistung der zur Erzeugung des Filtrationsdruckes dienenden Pumpe bei verminderter Auslastung reduziert wird, um den erzeugten Permeatfluß auf den aktuellen Bedarfswert einzustellen. Hierzu wird die Motorleistung so geregelt, daß der in der zu den Verbrauchsstellen führenden Permeatleitung herrschende Druck konstant bleibt.

Zur Steigerung des Verhältnisses zwischen dem erzeugten Permeatvolumen und dem hierfür verbrauchten Rohwasservolumen ist es bekannt, einen Teil des vom Filtermodul abfließenden Konzentrats in den Rohwasserzufluß zurückzuleiten und nur den übrigen Teil durch Ableiten in den Abfluß zu verwerfen. Der zurückgeführte Konzentratanteil darf dabei jedoch eine bestimmte, vom Verschmutzungsgrad des Rohwassers abhängige Grenze nicht überschreiten, um eine Schädigung der Filtermembran zu vermeiden. In DE 43 31 102 wird hierzu vorgeschlagen, den rückgeführten und den in den Abfluß abgeleiteten Konzentratanteil durch zwei in den betreffenden Leitungen angeordnete Durchflusssensoren zu messen und über einen Regler (Konzentratregler) zwei in die gleichen Leitungen eingefügte Regelventile in Abhängigkeit von den gemessenen Durchflüssen so zu steuern, daß nur eine maximal zulässige Menge Konzentrat zurückgeführt wird. Zur weiteren Verfeinerung der Regelcharakteristik soll der auf der Primärseite der Filtermembran gemessene Druck als zusätzliche Steuergröße den Konzentratregler in einer nicht näher bezeichneten Weise beeinflussen.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, eine Umkehrosmoseanlage so auszustatten, daß eine selbsttätige Anpassung der Permeaterzeugung an den Bedarf mit einfachen Mitteln erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Hauptanspruches angegebenen Merkmale gelöst. Weitere Merkmale und Ausgestaltungen der Erfindung, die u. a. eine selbsttätige Anpassung der Konzentratrückführung bei Veränderungen der Auslastung der Anlage betreffen, ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Abbildungen.

Es zeigt

Fig. 1 das Schema einer Umkehrosmoseanlage mit Ausstattungsmerkmalen entsprechend der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung einer Einrichtung zur Reduzierung des Konzentratabflusses bei steigendem Gesamt- — Konzentratfluß,

Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung eines Reglers zur Regelung des Permeatdruckes.

Die Einrichtung einer Umkehrosmoseanlage mit Gestaltungsmerkmalen entsprechend der Erfindung ist rein schematisch in Fig. 1 dargestellt. Das über die Leitung 10 mit konstantem niedrigem Druck zugeführte Rohwasser gelangt über die Pumpe 11 und die Leitung 12 in das Filtermodul 13, dessen Primärraum 13a durch eine semipermeable Membran 14 von dem Sekundärraum 13b getrennt ist. Aus dem Sekundärraum fließt das Permeat in die Verbraucherleitung 15.

Das Konzentrat fließt vom Ausgang des Primärtraumes des Filtermoduls über die Leitung 16a, b zu einem Strömungsteiler 18, der einen Teil des Konzentrats über die Leitung 19a, b in die Rohwasserleitung zurückführt und den übrigen Teil über die Leitung 20a, b in den Abfluß leitet. Ein zwischen die Leitungsabschnitte 16a und 16b eingefügtes Regelventil 17 bestimmt im wesentlichen den im Primärraum des Filtermoduls herrschenden Druck, der für die Filtration notwendig ist.

Der Strömungsteiler 18 besteht prinzipiell aus zwei Strömungswiderständen 21 und 22, von deren Widerstandsverhältnis das Verhältnis zwischen dem rückgeführten und dem in den Abfluß geleiteten Konzentratanteil abhängt. In einer einfachen Ausführungsform der Erfindung ist der zum Abfluß führende Strömungswiderstand 21 als einstellbarer, im übrigen aber konstanter Strömungswiderstand, z. B. in Form einer einstellbaren Drossel, ausgebildet. Der mit dem Rohwasserzufluß in Verbindung stehende Strömungswiderstand 22 ist dabei ein Rückschlagventil, das der Durchströmung im geöffneten Zustand einen relativ geringen Widerstand entgegensezt.

Bei Umkehrosmoseanlagen ist nach dem Stand der Technik häufig vorgesehen, daß ein überschüssiger Teil des Permeats in den Rohwasserzufluß zurückgeführt werden kann. Diesem Zweck dient in Fig. 1 die Permeat-Rückführungsleitung 23 in Verbindung mit dem Ventil 24. Eine solche Anordnung ist unter anderem geeignet, im Störfalle einen übermäßigen Druckanstieg in der Verbraucherleitung 15 zu verhindern.

Die Erfindung sieht vor, daß der Strömungswiderstand des in der Konzentratleitung angeordneten Regelventils 17 in Abhängigkeit von dem in der Permeatleitung herrschenden Druck so eingestellt wird, daß auch bei schwankendem Permeatbedarf der Druck in der Permeatleitung im wesentlichen konstant bleibt oder nur in geringem Maße ansteigt. Zu diesem Zweck ist an die Permeatleitung 15 ein Drucksensor 25 angeschlossen, der über einen Regler 25 das Ventil 17 steuert. Die Druckregelung arbeitet so, daß bei verminderter Abführung von Permeat über die Leitung 15 und somit steigender Tendenz des Permeatdruckes das Ventil 17 weiter geöffnet wird. Dadurch sinkt der Druck im Primärraum 13a des Filtermoduls, und es tritt eine entsprechend geringere Menge Permeat durch die Membran 14 in den Sekundärraum 13b über.

Das nicht als Permeat durch die Membran tretende Wasser bleibt im Primärraum und tritt zusätzlich durch die Leitung 16a, b aus dem Filtermodul aus. Entsprechend der Fördercharakteristik (p-q-Kennlinie) der Pumpe 11 steigt durch die Druckentlastung, die sich durch das weitere Öffnen des Ventils 17 ergibt, die För-

derrate der Pumpe 11 an, was zu einer weiteren Steigerung des Konzentratflusses in der Leitung 16a, b führt.

Die in Fig. 1 dargestellte Anordnung zur Steuerung des Ventils 17 in Abhängigkeit von dem in der Permeatleitung herrschenden Druck kann in der Weise verwirklicht werden, daß als Drucksensor 25 ein elektrischer, z. B. piezoresistiver Drucksensor benutzt und das Ventil 17 als von einem elektrischen Motor verstellbares Ventil ausgebildet wird, wobei die Signalübertragung vom Drucksensor auf den Motor unter Berücksichtigung eines vergebenen Sollwerts des Permeatdruckes durch den Regler 26 erfolgt.

Wenn der Regler aufgrund eines von Drucksensor 25 signalisierten Druckanstieges das Ventil 17 weiter öffnet, besteht wegen des erhöhten Konzentratflusses an sich die Tendenz, daß der Druck im Leitungsabschnitt 16b ansteigt. Dies wird jedoch weitgehend verhindert, wenn der Strömungswiderstand 22 als Rückschlagventil ausgebildet ist, das sich schon bei geringfügigem Druckanstieg weiter öffnet und die überschüssig über den Leitungsabschnitt 16b zufließende Flüssigkeit über die Leitung 19 in den Rohwasserzufluß 10 ableitet, in dem normalerweise ein konstanter niedriger Druck herrscht.

Bei verminderter Auslastung der Anlage steigt aufgrund des beschriebenen Zusammenhanges der rückgeführte Anteil des Konzentrats in wünschenswerter Weise beträchtlich an, d. h. der Anteil des rückgeführten Konzentrats am Gesamt-Konzentratfluß wird erhöht. Der dem Abfluß zugeführte Anteil des Konzentrats bleibt dagegen bei konstanter Einstellung des Strömungswiderstandes 21 annähernd konstant, weil der Druck im Leitungsabschnitt 16b, der als Eingangsdruck am Strömungswiderstand 21 wirksam ist, aufgrund der Eigenschaften des Rückschlagventils 22 nicht wesentlich über den voreingestellten Druck in der Rohwasserleitung ansteigen kann.

Durch die Druckabsenkung im Primärraum des Filtermoduls bei verminderter Auslastung der Anlage vermindert sich die Belastung der Pumpe 11 und damit die Leistungsaufnahme ihres Antriebsmotors. Dies ist wegen der erzielbaren Energieeinsparung vorteilhaft. Darüber hinaus ist dieser Effekt von Bedeutung, wenn die Pumpe als Tauchpumpe ausgebildet ist, bei der die Kühlung des Antriebsmotors durch das von ihr geförderte Wasser selbst erfolgt. Die reduzierte Leistungsaufnahme erleichtert die Aufrechterhaltung ausreichend niedriger Temperaturen trotz des durch die verminderter Auslastung der Anlage verursachten Absinkens des Rohwasserzuflusses.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, in Verbindung mit der Steigerung des Konzentrat-Rückflusses den in den Abfluß abgeleiteten Konzentratfluß zu senken, wenn der Permeatdruck ansteigt und somit der in der Leitung 16a, b auftretende Gesamt-Konzentratfluß zunimmt. Zu diesem Zweck ist der Strömungswiderstand 21 als regelbare Drossel mit einem elektrischen Verstellmotor 28 ausgestattet. Die Einstellung der Drossel erfolgt selbsttätig dadurch, daß der Regler 26 über das Anpassungsglied 29 auch den Verstellmotor beeinflusst, wobei das Ventil 17 und die Drossel 21 gegenläufig betätigt werden. Zwischen einer durch Verstellen des Ventils 17 bewirkten Veränderung des Gesamt-Konzentratflusses und der zugehörigen, durch Verstellen der Drossel 21 bewirkten, gegenläufigen Veränderung des Konzentrat-Abflusses besteht eine quantitative Beziehung, die im wesentlichen von der Einstellcharakteristik der Strömungswiderstände 17, 21 und der Übertragungsfunktion des Anpassungsgliedes

29 bestimmt wird und so einstellbar ist, daß bei wechselnder Auslastung der Anlage stets eine optimale Ausnutzung des zugeführten Rohwassers stattfindet.

Eine spezielle Vorrichtung zur Steuerung des Konzentrat-Abflusses in Abhängigkeit vom Gesamt-Konzentratfluß ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Sie besteht im wesentlichen aus einer Zylinder-Kolben-Anordnung in Verbindung mit einer Drossel zur Erzeugung einer vom Durchfluß in der Leitung 16a, b abhängigen Stellkraft, die das zum Abfluß führende Ventil 21 verstellt. An der Oberseite des in dem Zylinder 31 verschiebbar gelagerten Kolbens 32 strömt über die Leitung 16b das auf den Rohwasserzufluß und den Abfluß zu verteilende Konzentrat zu. Es fließt durch einen einstellbaren Engpaß 33, der als Drossel wirkt, in den Raum unterhalb des Kolbens und von dort einerseits über den Anschluß 19a und ein (hier nicht gezeigtes) Rückschlagventil zum Rohwasserzufluß, andererseits über das Ventil 21 in die zum Abfluß führende Leitung 20b. Mit zunehmendem Konzentratzufluß über die Leitung 16b steigt die auf den Kolben 32 wirkende Kraft, so daß über die Schubstange 34 der Schieber 35 entgegen der Kraft der Federn 36a, b nach unten verschoben und damit der Strömungswiderstand des Ventils 21 erhöht wird, was zu der vorgesehenen Verminderung des in den Abfluß geleiteten Konzentratanteils führt. Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Schieber 36 mit Bohrungen 37 versehen, durch die ein Teil des Konzentrats in den Raum unterhalb des Schiebers fließt. Mit zunehmender Bewegung des Schiebers nach unten wird durch die Unterkante des Schiebers die Öffnung zu der zum Abfluß führenden Leitung 20b zunehmend verschlossen.

Die Charakteristik der Anordnung nach Fig. 2 hängt von dem Spannungszustand der Federn 36a und 36b und dem Strömungswiderstand der Drossel 33 ab. Durch Einstellung dieser Parameter können der Grundanteil des in den Abfluß abgeführten Konzentrates und das Verhältnis zwischen einer Zunahme des Gesamt-Konzentratflusses und der zugehörigen Abnahme des in den Abfluß abgeführten Anteils im Sinne einer optimalen Ausnutzung des Rohwassers variiert werden. Hierzu sind entsprechende Einstellvorrichtungen 38 und 39 vorgesehen.

Die in Fig. 2 dargestellte Anordnung zeichnet sich dadurch aus, daß ihre Funktion nicht von Präzisionsbauteilen abhängt. Unter anderem dürfen der Kolben 32 und der Schieber 35 relativ großes Spiel in den zugehörigen Zylindern haben. Da außerdem die Übertragung der als Meßsignal wirkenden Kraft ohne Dichtungselemente erfolgt, arbeitet das System praktisch reibungsfrei, so daß eine gute Reproduzierbarkeit und Betriebssicherheit gegeben ist.

Fig. 3 zeigt schematisch den Aufbau eines hydraulischen Reglers, der gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung die Funktion der Teile 17 und 25 bis 27 von Fig. 1 übernimmt. In einem Ventilkörper 40 steht der Druckraum 41 über Anschlüsse 15a, b mit der Permeatleitung in Verbindung, vorzugsweise so, daß die Anschlüsse 15a, b Bestandteil der Permeatleitung sind und das gesamte Permeat durch den Raum 41 fließt. Der Raum 41 ist von dem Raum 42 durch eine wasserundurchlässige elastische Membran (Gummimembran) 43 getrennt. Der Membran liegt auf der Seite des Raumes 42 die Druckplatte 44 an, die durch eine Feder 45 gegen die Membran gedrückt wird. In dem gleichen Ventilkörper befindet sich ein Strömungskanal 16a, b für das vom Filtermodul abfließende Konzentrat in Fortsetzung der gleichlautend bezeichneten Leitungsabschnitte (s.

Fig. 1). Dieser Kanal weist eine Engstelle 47 auf, die bei Veränderung des Permeatdruckes durch einen mit der Platte 44 verbundenen Stößel 46 mehr oder weniger verschlossen wird. Die Engstelle 47 in Verbindung mit dem Stößel 46 entspricht in ihrer Funktion dem Ventil 17. Ein mit der Einstellvorrichtung 49 verstellbarer Anschlag 48 gestattet es, den Regelhub zu begrenzen. Darüber hinaus ist die Gleichgewichtslage des Systems und somit der Sollwert des Permeatdruckes mittels der Einstellvorrichtung 50 veränderbar, indem die Kraft der Feder 51, die durch die Membran hindurch auf die Platte 44 einwirkt, verändert wird. Die Regelempfindlichkeit wird von der resultierenden Federkonstanten der beiden Federn 45 und 51 beeinflusst.

Der Raum 42 an der Unterseite der Membran 43 steht durch einen Kanal 52 mit dem Leitungsabschnitt 16b in Verbindung, so daß die auf die Platte 44 einwirkende Stellkraft von der Druckdifferenz zwischen der Permeatleitung und dem Leitungsabschnitt 16b der Konzentratleitung bestimmt wird. Da der letztere jedoch, wie zuvor beschrieben, im wesentlichen konstant gehalten werden kann, kann sein Einfluß durch einen entsprechenden konstanten Anteil der resultierenden Kraft der Federn 45, 51 kompensiert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Umkehrosmoseanlage, die ein Filtermodul zur Trennung von zugeführtem Rohwasser in filtriertes Reinwasser (Permeat) und unfiltriertes, mit zurückgehaltenen Stoffen angereichertes Abfallwasser (Konzentrat) und Einrichtungen zur Rückführung eines variablen Anteils des Konzentrats in den Rohwasserzufluß und des restlichen Anteils des Konzentrats in den Abfluß aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der erzeugte Permeatfluß durch Verstellung eines (ersten) Strömungswiderstandes (17) in der vom Filtermodul abführenden Konzentratleitung dem jeweiligen Bedarf angepaßt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungswiderstand (17) durch einen vom Permeatdruck gesteuerten Regler (26) selbsttätig so eingestellt wird, daß bei Veränderungen des Permeatflusses in der Verbraucherleitung der Permeatdruck im wesentlichen konstant gehalten wird.
3. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Verminderung des Strömungswiderstandes (17) in der vom Filtermodul abführenden Konzentratleitung auftretende zusätzliche Anteil des Konzentratflusses in den Rohwasserzufluß geleitet wird.
4. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Strömungswiderstand (21), der in die stromabwärts von dem ersten Strömungswiderstand (17) die Konzentratleitung (16b) mit dem Abfluß verbindende Leitung (20a, b) eingefügt ist, bei Veränderung des Konzentratflusses gegenläufig zu dem ersten Strömungswiderstand (17) verstellt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die gegenläufigen Verstellbewegungen zur Einstellung des ersten und des zweiten Strömungswiderstandes (17 bzw. 21) durch ein einstellbares Anpassungsglied (29) so aufeinander abstimmbare sind, daß der in den Abfluß geleitete Konzentratfluß in einem vorgegebenen volumetri-

schen Verhältnis zum Rohwasserzufluß steht.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der aus dem Filtermodul austretende Konzentratfluß durch ein in den Leitungsabschnitt (16b) stromabwärts von dem ersten Strömungswiderstand (17) eingefügtes Meßglied erfaßt und der in die zum Abfluß führende Leitung (20a, b) eingefügte zweite Strömungswiderstand (21) als Stellglied in Abhängigkeit von dem Meßergebnis selbsttätig verstellt wird.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Regelkreis, der aus einem mit der Permeatleitung (15) in Wirkverbindung stehende Drucksensor (25), einem Regler (26) und einem hiervon gesteuerten, als Regelventil ausgebildeten Strömungswiderstand (17) besteht.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch eine die Funktionen des Drucksensors (25), des Reglers (26) und des Regelventils (17) vereinigende Baugruppe (Fig. 3) mit einem abgeschlossenen Druckraum (41), der über mindestens eine Leitungsverbindung (15a, 15b) mit der Permeatleitung verbunden ist, einer den Druckraum begrenzenden elastischen Membran (43), einer der Membran (43) anliegenden Druckplatte (44) und einem mit der Druckplatte verbundenen und mit dieser entgegen der Kraft mindestens einer Feder (45, 51) gemeinsam verschiebbaren Stößel (46), der einen im Zuge der Konzentratleitung (16a, b) liegenden Engpaß (47) mehr oder weniger verschließt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine Einstellvorrichtung (50) zur Einstellung der Kraft einer auf die Druckplatte (44) einwirkenden Feder (51).

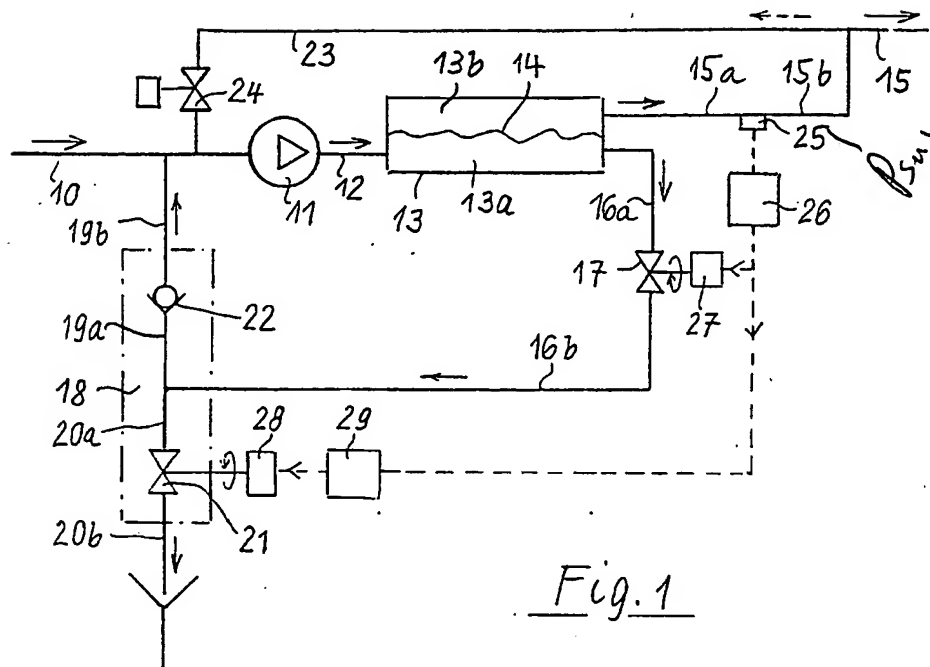
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, gekennzeichnet durch eine Einstellvorrichtung (49) zur Einstellung eines den Hub des Stößels (46) begrenzenden Anschlages (48).

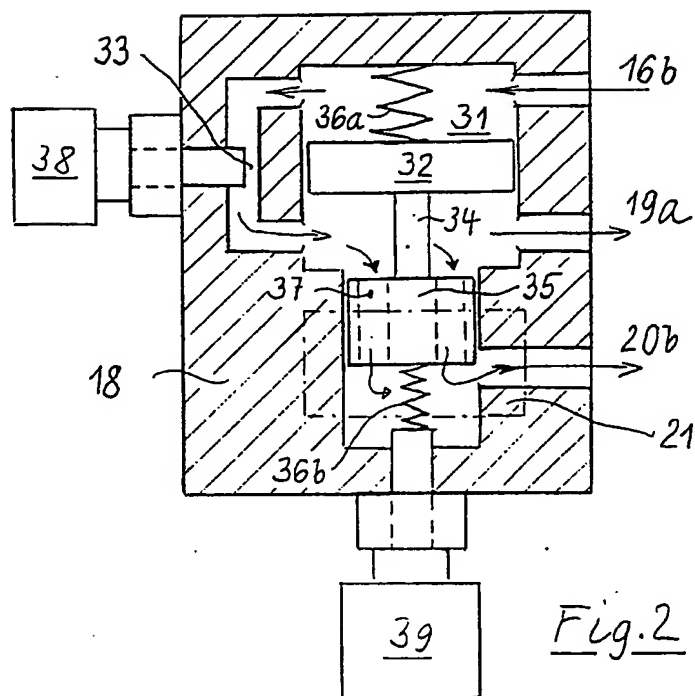
11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ableitung des zusätzlichen Anteils des Konzentratflusses der stromabwärts von dem Strömungswiderstand (17) liegende Leitungsabschnitt (16b) durch ein einen geringen Durchlaßwiderstand aufweisendes Rückschlagventil (22) mit der unter konstantem Druck stehenden Rohwasserleitung (10) in Verbindung steht.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßglied eine Kolben-Zylinder-Anordnung (32, 31) umfaßt, bei der ein durch Strömungskräfte des Konzentratflusses an einer Drossel (33) erzeugter Differenzdruck auf die beiden Seiten des Kolbens (32) wirkt, und das Stellglied einen mit dem Kolben (32) über eine Schubstange (34) in Verbindung stehenden, axial beweglichen Schieber (35) aufweist, der bei einer durch Erhöhung des Differenzdruckes entgegen der Kraft mindestens einer Feder (36a, b) bewirkten Bewegung des Kolbens eine zum Abfluß führende Öffnung, die für die Ableitung von Konzentrat über den Leitungsabschnitt (20b) in den Abfluß vorgesehen ist, zunehmend verschließt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -





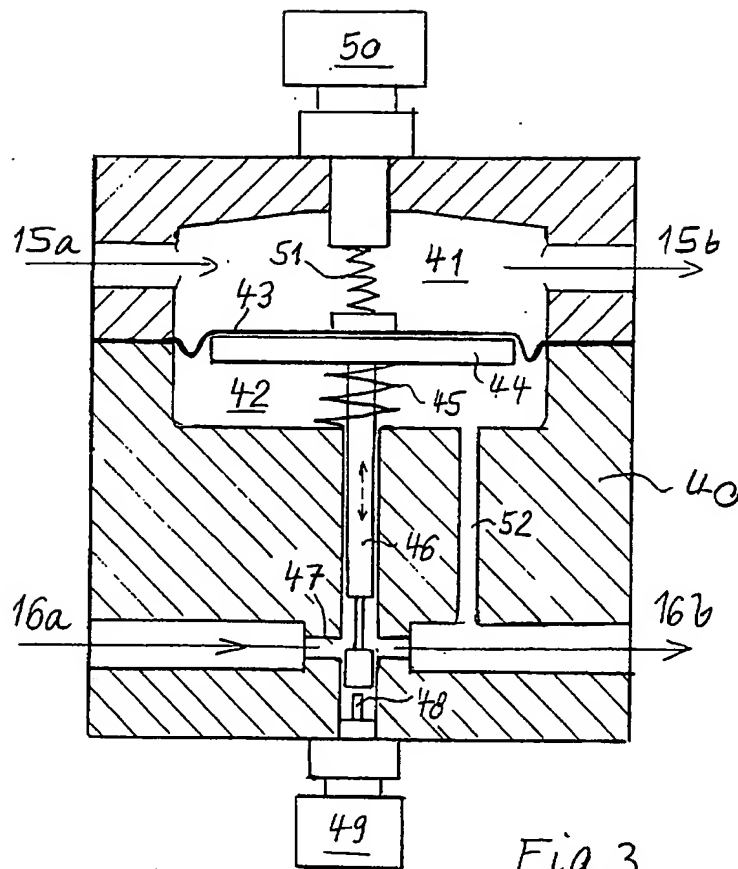


Fig. 3